

В. В. Шейкин, Е. Г. Порсеев
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»
(г. Новосибирск, Россия)

ВОЗМОЖНОСТИ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ В ПОВЫШЕНИИ КАЧЕСТВА ЗЕРНОПРОДУКТОВ, ТРАНСПОРТИРУЕМЫХ ВОДНЫМ ТРАНСПОРТОМ

Представлены преимущества технологии электрокоронной обработки зернопродуктов, при транспортировке.

Зерно и продукты его переработки являются благоприятной питательной средой для развития многочисленных видов грибов [1, 2] при неблагоприятных условиях хранения. Особенно при повышенной влажности и значительной микробиологической засоренности в зерновой массе начинается процесс самосогревания, при котором его температура может подняться до 55-65 °С. Главные причины самосогревания – теплота, выделяемая в результате дыхания зерна и деятельности микроорганизмов, а также низкая теплопроводность зерновой массы. Самосогревание зерна представляет собой сложный биохимический процесс, в котором одновременно участвуют все компоненты зерна и эпифитная микрофлора. Самосогревание сопровождается значительными изменениями химического состава, ухудшением семенных и технологических достоинств зерна под влиянием высокой температуры и интенсивного развития микроорганизмов.

На нормальном зерне, не подвергшемся неблагоприятным воздействиям при хранении, численность «плесеней хранения» очень низкая (0-0,5 тыс. на 1 г зерна). Нарушение правил хранения сопровождается быстрым развитием плесневых грибов. Число их за непродолжительный период (3-5 дней) может достигать 300-5000 млн. на 1 г зерна. Развитие плесеней зерна при неблагоприятных условиях хранения приводит к потерям сухого вещества, увеличению влажности, потере всхожести, снижению пищевой и товарной ценности зерна, ухудшению его хлебопекарных достоинств.

Плесневые грибы способны образовывать многочисленные микотоксины, некоторые из которых канцерогенны. Установлена способность обычных плесеней хранения (виды *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*) образовывать более 200 вредных и токсичных соединений для человека и животных, среди которых ввиду особой токсичности и канцерогенности наибольшую опасность представляют афлатоксины. Афлатоксины обнаружены в различных злаковых культурах (пшенице, ячмене, кукурузе, рисе и других) и продуктах их переработки (муке, крупе, хлебе). В пищевых продуктах найдено четыре главных афлатоксина, продуцируемых плесневыми грибами (*B* , *2 B* , *G1* , *G2*).

По данным ФАО ООН около 30% мирового объема зерновых поражено патогенными и условно патогенными грибами и продуктами их жизнедеятельности – микотоксинами [3], а в неблагоприятные годы эта цифра может достигать больших величин. При среднегодовом сборе зерна в России ~80-85 млн. т. объемы зараженного зерна могут достигать 25 млн. т. Например, грибы рода *Fusarium* могут развиваться

на зерне во время зимнего хранения, причем грибок пораженного зерна может заразить и здоровое зерно [4].

Зерно является живой биологической системой, в связи с чем подвержено влиянию неблагоприятных внешних факторов, что приводит к снижению его качества и ухудшению потребительских и технологических достоинств. Повреждение зерна происходит:

- в поле, при воздействии неблагоприятных климатических факторов и вредителей (засуха, град и т. д.);
- при уборке урожая – механические повреждения комбайнами, подборщиками, косилками и т. д.;
- при подработке и сушке зерна;
- при хранении.

Известны следующие виды повреждения зерна: поросшее, морозобойное, суховейное, поврежденное полевыми вредителями, засоренное семенами и частями ядовитых растений, перезимовавшее в поле или на току, механически поврежденное, самосогревшееся, испорченное сушкой и вредителями хлебных злаков, поврежденные микроорганизмами и так далее.

Зерно, пораженное различными грибами, сильно изменяет свои физические свойства. Мука, полученная из такого зерна, непригодна для питания, так как может привести к отравлениям.

Тема обеззараживания зерна изучалась многие годы и придумано много способов обработки, однако до настоящего времени проблема не решена в полной мере.

Для детоксикации товарного зерна в настоящее время используют различные способы, но эффективность этих способов низкая, вследствие того, что зерно обычно заражено широким спектром микроорганизмов, которые продуцируют гамму микотоксинов.

Условно способы детоксикации можно разделить на химические, биологические, физические.

К химическим относятся: обработка зерна бисульфитом натрия, высокотемпературная (95-100 °C) обработка газообразным аммиаком, обработка 20% аммиачной водой, обработка негашеной известью, обработка гидроокисью натрия, озоном, кальцинированной содой, перекисью натрия. В последнее время практикуется обработка органическими кислотами: муравьиной, молочной и уксусной. Химические способы обеззараживания дорогостоящи, требуют квалифицированного подхода, загрязняют зерно химическими реагентами, что ухудшает качество зерна.

К биологическим способам обеззараживания относится обработка различными ферментными препаратами. Основными недостатками этих препаратов являются относительная дороговизна, продолжительный период воздействия, невысокая активность.

К физическим способам обеззараживания зерна относится электротехническая обработка:

- инфракрасным и ультрафиолетовым излучением;
- радиоактивным излучением;
- микроволновым излучением (СВЧ);
- магнитным полем;
- электростатическим полем;
- электрическим током коронного разряда.

Попытки использовать физические способы обеззараживания зерна не дали существенных результатов по ряду причин: сложное оборудование, большие затраты энергии, неустойчивый технологический эффект и так далее. Лишь последний способ может дать многообещающий результат. Способ заключается в пропускании потока зерна через разрядный промежуток, в котором горит коронный разряд. Этот способ в течение многих лет был испытан в технологии предпосевной обработки семян и дал однозначный положительный эффект. Эффект обеззараживания зерна возникает вследствие того, что:

- силовые линии электрического поля в разрядном промежутке сгущаются в области пространства, где поверхность раздела сред имеет максимальную кривизну;
- соотношение размеров спор паразитических грибов и зерновок составляет 4 порядка и поэтому, соответственно, напряженность электрического поля в спорах также на порядки больше, чем в семенах растений;
- массовое количество спор паразитических грибов, находящихся в зерновом ворохе, на котором выделяется энергия тока короны соответствует массе, которую весь ток коронного разряда может нагреть до температуры стерилизации [5].

Было экспериментально установлено, что при обработке семян электрическим током коронного разряда происходит подавление жизнеспособности спор патогенных грибов всегда обитающих на поверхности зерна.

Проведен регрессионный анализ зависимостей подавления жизнеспособности патогенных грибов E_{e1} , E_{e2} , E_{e3} , E_{e4} от параметров коронной обработки.

В нормированном виде после упрощения получены следующие уравнения регрессии:

$$\begin{aligned} E_{e1} &= 0,21279E - 0,11384T_3 - 0,63176W_{эм} + 0,074471F_k + 0,006679 \pm 0,04701; \\ E_{e2} &= 0,10207E + 0,3661T_3 + 0,03167F_k - 0,001775 \pm 0,09188; \\ E_{e3} &= 0,30039E - 0,17796T_3 + 0,23278E \cdot T_3 \cdot T_0 - 0,003783 \pm 0,08326; \\ E_{e4} &= -0,71848E \cdot T_3 \cdot T_0 - 4,56979B_0 + 0,27W_{эм} - 4,44116 \pm 2,0773, \end{aligned}$$

где B_0 – первоначальная всхожесть, о. ед.;

E – напряженность электрического поля, кВ/м

E_{e1} – степень подавления жизнедеятельности патогенных грибов вида *Bipolaris Sorokiniana*, о. ед.;

E_{e2} – степень подавления жизнедеятельности патогенных грибов вида *Fusarium*, о. ед.;

E_{e3} – степень подавления жизнедеятельности патогенных грибов вида *Alternaria*, о. ед.;

E_{e4} – степень подавления жизнедеятельности патогенных грибов вида *Penicillium*, о. ед.;

$W_{эм}$ – количество электрической энергии, рассеянной в разрядном промежутке, кВт·ч;

F_k – полярность коронного разряда.

Анализ уравнений показал, что часть факторов практически незначима. Значимость определялась в соответствии с принципом оценки значимости углового коэффициента по величине стандартной ошибки.

Очевидно, что основной вклад в подавление жизнеспособности патогенной микрофлоры вносят следующие факторы – параметры электрокоронной обработки

E , T_3 , $W_{эм}$, F_k , в то время как гелиокосмический фактор заметного влияния не оказывает. Анализ уравнений (1)–(4) дает возможность связать эффект подавления жизнеспособности с геометрическими размерами спор соответствующих видов (табл. 1).

Таблица 1

Связь геометрических размеров спор грибов с эффектом подавления их жизнеспособности электрокоронным разрядом

Характеристика	Bipolaris	Fusarium	Alternaira	Penicillium
Размеры спор, нм:				
длина	50-110	5-60	7-72	-
диаметр	15-31	2-5	6-22	2-3
форма тел спор	Цилиндр	Цилиндр	Булава	Шар
Параметры обработки, их влияние на подавление жизнеспособности патогенных грибов (коэффициент корреляции)				
E	0,2128	0,1021	0,3004	-
T_3	0,1138	0,3561	-0,1780	-
$W_{эм}$	0,6318	-	-	0,2710
$E \cdot T_3 \cdot T_0$	-	-	0,2328	0,7118
F_k	0,0747	0,0317	-	-

Таким образом, обработка током коронного разряда зерна является эффективным и экономически целесообразным способом снижения микробиологической обсемененности зерна, что повышает его сохранность и качественные показатели. Обработанное таким образом зерно является хорошим объектом для дальнейшей биотехнологической переработки с получением широкого ассортимента востребованной продукции, в том числе зерновых паток пищевого и кормового назначения.

Особую важность проблема обеззараживания зернопродуктов приобретает при транспортировке водным транспортом, где в условиях повышенной влажности образуется благоприятная среда для пагубной микрофлоры.

Список использованных источников

1. Казаков Е.Д. Биохимия дефектного зерна и пути его использования / Е. Д. Казаков, В. Л. Кретович. – М.: Наука, 1979.-152с.
2. Петров И.В. Совершенствование функционирования зернового рынка России // Известия вузов. Пищевая технология, 2005. – №2-3.- С.35-37
3. Сысуев В.А. Приоритеты научных исследований по производству и переработке зерна озимой ржи.- Вестник РАСХН, 2001.- №1.- С12-14
4. Кононенко Г.П. Фузариотоксины в зерне колосовых культур: региональные особенности / Г.П. Кононенко, А.А. Буркин // Успехи медицинской микологии.- Т1.- М.: Национальная академия микологии, 2003.- С. 1411-144.
5. Патент РФ No2299542. Способ предпосевной обработки семян и устройство для его осуществления / Е.Г. Порсев. – 2007.–БИ No15